

## Beschreibung

### RADIOMETRISCHES FÜLLSTANDMESSGERÄT

- [001] Die Erfindung betrifft ein radiometrisches Meßgerät. Mittels radiometrischer Meßgeräte sind physikalische Größen, z.B. ein Füllstand oder eine Dichte eines Mediums meßbar.
- [002] Radiometrische Meßgeräte werden üblicherweise immer dann eingesetzt, wenn herkömmliche Meßgeräte aufgrund besonders rauer Bedingungen am Meßort nicht einsetzbar sind. Sehr häufig herrschen z.B. am Meßort extrem hohe Temperaturen und Drücke oder es sind chemisch und/oder mechanisch sehr aggressive Umgebungs-einflüsse vorhanden, die den Einsatz anderer Meßmethoden unmöglich machen.
- [003] In der radiometrischen Messtechnik wird ein radioaktiver Strahler, z.B. ein Co 60 oder Cs 137 Präparat, in einen Strahlenschutzbehälter eingebracht und an einem Meßort, z.B. einem mit einem Füllgut gefüllten Behälter angebracht. Ein solcher Behälter kann z.B. ein Tank, ein Container, ein Rohr, ein Förderband oder eine beliebige andere Behältnisform sein.
- [004] Der Strahlenschutzbehälter weist eine Ausnehmung auf, durch die die von dem zur Messung positionierten Strahler ausgesendete Strahlung durch eine Wand des Strahlenschutzbehälters hindurch ausgestrahlt wird.
- [005] Üblicherweise wird eine Abstrahlungsrichtung ausgewählt, bei der die Strahlung denjenigen Bereich des Behälters durchdringt, der messtechnisch erfaßt werden soll. Auf der gegenüberliegenden Seite wird die durch eine Füllstands- bzw. Dichteänderung veränderte austretende Strahlungsintensität mit einem Detektor quantitativ erfaßt. Die austretende Strahlungsintensität ist abhängig von der geometrischen Anordnung und der Absorption. Letztere ist bei der Füllstandsmessung abhängig von der Menge des Füllguts im Behälter und bei der Dichtemessung von der Dichte des Füllguts. Folglich ist die austretende Strahlungsintensität ein Maß für den aktuellen Füllstand bzw. die aktuelle Dichte des Füllguts im Behälter.
- [006] Als Detektor eignet sich z.B. ein Szintillationsdetektor mit einem Szintillator, z.B. einem Szintillationstab, und einem Photomultiplier. Der Szintillationsstab ist im Prinzip ein Plexiglas-Stab, der optisch sehr rein ist. Unter dem Einfluß von Gammastrahlung werden durch das Szintillationsmaterial Lichtblitze ausgestrahlt. Diese werden durch den Photomultiplier erfaßt und in elektrische Impulse umgesetzt. Eine Impulsrate, mit der die Impulse auftreten, ist abhängig von der Strahlungsintensität und somit ein Maß für die zu messende physikalische Größe, z.B. den Füllstand oder die

Dichte. Szintillator und Photomultiplier sind üblicherweise in einem Schutzrohr, z.B. aus einem Edelstahl montiert.

[007] Der Detektor weist in der Regel eine Elektronik auf, die ein der Impulsrate entsprechendes Ausgangssignal einer übergeordneten Einheit zur Verfügung stellt. Die Elektronik umfaßt üblicherweise eine Steuerung und einen Zähler. Die elektrischen Impulse werden gezählt und es wird eine Zählrate abgeleitet, anhand derer die zu messende physikalische Größe bestimmbar ist.

[008] Zusätzlich wird vorzugsweise ein Status des Detektors überprüft. Der Status beinhaltet im einfachsten Fall eine Angabe darüber, ob der Detektor einwandfrei arbeitet oder nicht. Entsprechend dem Status wird gegebenenfalls eine Fehlermeldung und/oder ein Alarm ausgelöst.

[009] Zur Übertragung des Ausgangssignals und des Status des Detektors sind in der Regel zwei Leitungen zwischen dem Detektor und der übergeordneten Einheit vorgesehen.

[010] Eine effektive Länge der Detektoren legt den messtechnisch erfaßbaren Bereich des Behälter fest und hängt von der verlangten Meßhöhe und den Montagemöglichkeiten ab. Detektoren sind heute in Längen von ca. 400 mm bis ca. 2000 mm erhältlich. Reicht eine Länge von ca. 2000 mm nicht aus, können an ein radiometrisches Meßgerät zwei oder mehr Detektoren angeschlossen werden.

[011] Dabei weist bei herkömmlichen Meßgeräten jeder Detektor eine eigene Elektronik auf. Zur Übertragung der Ausgangssignale und des Status jedes Detektors werden mindestens zwei Leitungen von jedem Detektor zu der übergeordneten Einheit verlegt. Die Ausgangssignale der einzelnen Detektoren werden in der übergeordneten Einheit zu einem Summensignal zusammengefaßt, das die Gesamtrate der erfaßten Impulse wiederspiegelt.

[012] Bei Verwendung von zwei oder mehr Detektoren steigt der erforderliche technische Aufwand proportional zu der Anzahl der Detektoren. Für jeden Detektor ist eine eigene Elektronik mit einem Zähler und einer Steuerung vorzusehen, der Status jedes Detektors muß einzeln überprüft werden und jeder Detektor ist mittels zweier Leitungen mit der übergeordneten Einheit zu verbinden, die dann den Status jedes Detektors überprüft und die einzelnen Ausgangssignale zu einem Meßsignal zusammenfaßt.

[013] Jede zusätzliche Leitung erhöht die Kosten. Inbesondere, wenn die Detektoren in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden, sind die Kosten für zusätzliche Leitungen erheblich.

[014] Es ist eine Aufgabe der Erfindung ein radiometrisches Meßgerät mit zwei oder mehr Detektoren anzugeben, das kostengünstig installiert und betrieben werden kann.

[015] Hierzu besteht die Erfindung in einem radiometrisches Meßgerät zur Montage an einem mit einem Füllgut befüllbaren Behälter, mit

[016] - einem radioaktiven Strahler, der im Betrieb

[017] radioaktive Strahlung durch den Behälter sendet,

[018] - mindestens zwei Detektoren,

[019] -- die dazu dienen durch den Behälter hindurchdringende

[020] Strahlung aufzunehmen und eine der

[021] aufgenommenen Strahlung entsprechende

[022] elektrische Impulsrate zu erzeugen,

[023] - Offset-Generatoren, die der Impulsrate jedes

[024] Detektors einen Status des jeweiligen

[025] Detektors wiedergebenden Offset überlagern, und

[026] - einer Sammelleitung,

[027] -- der jeder Detektor ein der Überlagerung der

[028] jeweiligen Impulsrate und des jeweiligen Offsets

[029] entsprechendes Ausgangssignal zuführt,

[030] -- die ein der Überlagerung der Ausgangssignale

[031] entsprechendes Summensignal einer übergeordneten

[032] Einheit zuführt,

[033] --- die anhand des Summensignals ein Meßsignal

[034] und/oder einen Status des Meßgeräts ableitet.

[035] Weiter besteht die Erfindung in einem radiometrischen Meßgerät zur Montage an einem mit einem Füllgut befüllbaren Behälter, mit

[036] - einem radioaktiven Strahler, der im Betrieb

[037] radioaktive Strahlung durch den Behälter sendet,

[038] - mindestens zwei Detektoren,

[039] -- die dazu dienen durch den Behälter hindurchdringende

[040] Strahlung aufzunehmen und eine der

[041] aufgenommenen Strahlung entsprechende

[042] elektrische Impulsrate zu erzeugen,

[043] - Offset-Generatoren, die der Impulsrate jedes

[044] Detektors einen detektor-spezifischen Offset

[045] überlagern,

- [046] - Abschaltern, die dazu dienen eine Übertragung
- [047] der Impulsraten und der Offsets zu unterbinden, wenn
- [048] der Detektor fehlerhaft arbeitet,
- [049] - einer Sammelleitung,
- [050] -- der jeder einwandfrei arbeitende Detektor ein der
- [051] Überlagerung der jeweiligen Impulsrate und des
- [052] jeweiligen Offsets entsprechendes Ausgangssignal
- [053] zuführt,
- [054] -- die ein der Überlagerung der Ausgangssignale
- [055] entsprechendes Summensignal einer übergeordneten
- [056] Einheit zuführt,
- [057] --- die anhand des Summensignals ein Meßsignal
- [058] und/oder einen Status des Meßgeräts ableitet.
- [059] Gemäß einer Ausgestaltung der vorgenannten radiometrischen Meßgeräte ist eine Serie von Detektoren vorgesehen, und die Sammelleitung beginnt bei einem ersten Detektor der Serie, führt von dort von einem Detektor zu dem diesem jeweils benachbarten Detektor und von dem letzten Detektor zur übergeordneten Einheit.
- [060] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung umfaßt jeder Detektor einen Szintillator und einen daran angeschlossenen Photomultiplier.
- [061] Gemäß einer Weiterbildung des letztgenannten radiometrisches Meßgeräts senden die Offset-Generatoren über einen Lichtleiter periodisch Referenzlichtblitze durch den Szintillator.
- [062] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist die übergeordnete Einheit in dem letzten Detektor der Serie integriert.
- [063] Weiter besteht die Erfindung in einem Verfahren zur Messung einer physikalischen Größe mit einem der vorgenannten radiometrischen Meßgeräte, bei dem
- [064] - jedem Detektor ein Sollwert für einen Offset
- [065] zugeordnet wird, den die Offset-Generatoren der
- [066] Detektoren erzeugen, wenn der Detektor einwandfrei
- [067] arbeitet, und der größer als eine Summe der für die Detektoren maximal zu
- [068] erwartenden Impulsraten ist,
- [069] - die übergeordnete Einheit anhand des Summensignals
- [070] eine Gesamtzählrate bestimmt,
- [071] - die Differenz von dieser Gesamtzählrate und einer
- [072] der Summe der Sollwerte der Offsets entsprechenden

- [073] Zählrate bildet,
- [074] - erkennt, daß ein Fehler vorliegt, wenn die Differenz negativ ist, und
- [076] - bei positiver Differenz ein Meßsignal ableitet.
- [077] Gemäß einer Ausgestaltung des Verfahrens wird bei Vorliegen einer negativen Differenz anhand des Betrages der Differenz bestimmt, welcher der Detektoren fehlerhaft arbeitet.
- [078]
- [079] Weiter besteht die Erfindung in einem radiometrischen Meßgerät zur Montage an einem mit einem Füllgut befüllbaren Behälter, mit
  - einem radioaktiven Strahler, der im Betrieb radioactive Strahlung durch den Behälter sendet,
  - einem ersten und einem zweiten Detektor,
  - die dazu dienen durch den Behälter hindurchdringende Strahlung aufzunehmen und eine der aufgenommenen Strahlung entsprechende elektrische Impulsrate zu erzeugen,
  - einem Offset-Generator, der der Impulsrate des ersten Detektors einen einen Status des ersten Detektors wiedergebenden Offset überlagert, und
  - einer im zweiten Detektor integrierten übergeordneten Einheit,
  - mit der der erste Detektor über eine Verbindungsleitung verbunden ist,
  - über die der erste Detektor ein der Überlagerung der Impulsrate und des Offsets entsprechendes Ausgangssignal zuführt,
  - der die Impulsrate und ein Status des zweiten Detektors zugeführt wird, und
  - die anhand der eingehenden Signale ein Meßsignal und/oder einen Status des Meßgeräts ableitet.
- [101] Weiter besteht die Erfindung in einem radiometrischen Meßgerät zur Montage an einem mit einem Füllgut befüllbaren Behälter, mit
  - einem radioaktiven Strahler, der im Betrieb radioactive Strahlung durch den Behälter sendet,
- [102]
- [103]

[104] - einem ersten und einem zweiten Detektor,

[105] -- die dazu dienen durch den Behälter

[106] hindurchdringende Strahlung aufzunehmen und eine

[107] der aufgenommenen Strahlung entsprechende

[108] elektrische Impulsrate zu erzeugen und eine der

[109] Impulsrate entsprechendes Ausgangssignal an eine im

[110] zweiten Detektor integrierte übergeordnete Einheit

[111] zu übertragen,

[112] - bei dem der Strahler eine Stärke

[113] aufweist, bei der für jeden Detektor immer eine

[114] Mindestimpulsrate größer Null zu erwarten ist,

[115] - bei dem in jedem Detektor ein Abschalter vorgesehen,

[116] der die Übertragung des Ausgangssignals an die

[117] übergeordnete Einheit unterbindet, wenn der Detektor

[118] fehlerhaft arbeitet, und

[119] - bei dem die übergeordnete Einheit anhand der

[120] Ausgangssignale ein Meßsignal und/oder einen Status

[121] des Meßgeräts ableitet.

[122] Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die Detektoren nur durch eine einzige Leitung, die Sammelleitung bzw. die Verbindungsleitung, verbunden sind, über die sowohl die Statusinformation als auch die Meßinformation übertragen wird, indem ein einziges Ausgangssignal erzeugt wird, daß beide Informationen beinhaltet. Dies geschieht, indem der Impulsrate ein status-abhängiger Offset überlagert wird, oder indem der Impulsrate abhängig vom Status ein detektor-spezifischer Offset überlagert wird oder dies nicht geschieht.

[123] Die Erfindung und weitere Vorteile werden nun anhand der Figuren der Zeichnung, in denen sieben Ausführungsbeispiele dargestellt sind, näher erläutert; gleiche Teile sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[124] Fig. 1 zeigt schematisch ein an einem Behälter

[125] montiertes radiometrisches Meßgerät mit zwei

[126] Detektoren;

[127] Fig. 2 zeigt schematisch den Aufbau eines Detektors;

[128] Fig. 3 zeigt schematisch eine Überlagerung von

[129] Impulsrate und Offset;

[130] Fig. 4 zeigt ein der Überlagerung gemäß Fig. 3

- [131] entsprechendes Signal;
- [132] Fig. 5 zeigt schematisch den Aufbau eines Meßgeräts mit
- [133] drei Detektoren, bei dem der Impulsrate jedes
- [134] Detektors ein vom Status des jeweiligen Detektors
- [135] abhängiger Offset überlagert wird;
- [136] Fig. 6 zeigt schematisch den Aufbau eines Meßgeräts mit
- [137] drei Detektoren, bei dem der Impulsrate jedes
- [138] Detektors ein detektor-spezifischer Offset überlagert wird;
- [139] Fig. 7 zeigt schematisch den Aufbau eines Detektors, bei
- [140] dem abhängig vom Status des Detektors ein Offset-
- [141] Generator zur Erzeugung eines detektor-spezifischen Offsets oder ein Abschalter eingesetzt wird;
- [142] Fig. 8 zeigt schematisch den Aufbau eines Meßgeräts mit
- [143] zwei Detektoren, bei dem mindestens ein Detektor
- [144] einen Offset-Generator aufweist, der der
- [145] Impulsrate des Detektors einen vom Status
- [146] desselben abhängigen Offset überlagert;
- [147] Fig. 9 zeigt schematisch den Aufbau eines Meßgeräts mit
- [148] zwei Detektoren, die jeweils einen Abschalter
- [149] aufweisen, der eine Übertragung der Impulsrate
- [150] unterdrückt, wenn der jeweilige Detektor nicht
- [151] einwandfrei arbeitet; und
- [152] Fig. 10 zeigt den Aufbau eines Detektors mit
- [153] einem Offset-Generator der dem Szintillator
- [154] Referenzlichtblitze zuführt.
- [155] In Fig. 1 ist schematisch eine Meßanordnung mit einem radiometrischen Meßgerät dargestellt. Die Meßanordnung umfaßt einen mit einem Füllgut 1 befüllbaren Behälter 3. Das radiometrische Meßgerät ist an dem Behälter 3 montiert und dient der Erfassung einer physikalischen Größe, z.B. eines Füllstandes des Füllgutes 1 in dem Behälter 3 oder einer Dichte des Füllguts 1.
- [156] Hierzu weist das radiometrische Meßgerät einen radioaktiven Strahler 5 auf, der im Betrieb radioaktive Strahlung durch den Behälter 3 sendet. Der Strahler 5 besteht z.B. aus einem Strahlenschutzbehälter in den ein radioaktives Präparat, z.B. ein Co 60 oder Cs 137 Präparat, eingebracht ist. Der Strahlenschutzbehälter weist eine Öffnung auf, durch die die Strahlung unter einem Öffnungswinkel  $\alpha$  austritt und den Behälter 3

durchstrahlt.

[157] Das Meßgerät umfaßt mindestens einen Detektor  $D_i$ , der dazu dient durch den Behälter 3 hindurchdringende Strahlung aufzunehmen und eine der aufgenommenen Strahlung entsprechende elektrische Impulsrate  $N$  zu erzeugen. Je nach Anwendung können dabei mehrere Detektoren  $D_i$  hintereinander geschaltet werden, um einen ausreichend großen Bereich, in dem Strahlung aufgenommen werden kann, abzudecken. In dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel sind zwei Detektoren,  $D_1$  und  $D_2$ , vorgesehen.

[158] Fig. 2 zeigt einen vereinfachten Aufbau eines Detektors  $D_i$ .

[159] Hierbei handelt es sich um einen Szintillationsdetektor mit einem Szintillator 7, hier einem Szintillationstab und einem daran angeschlossenen Photomultiplier 9. Szintillator 7 und Photomultiplier 9 befinden sich in einem in Fig. 1 dargestellten Schutzrohr 11, z.B. aus einem Edelstahl, das an einer dem Strahler 5 gegenüberliegenden Außenwand des Behälters 3 montiert ist. Der Szintillationsstab ist im Prinzip ein Plexiglas-Stab, der optisch sehr rein ist. Auf den Szintillator 7 auftreffende radio-metrische Strahlung erzeugt im Szintillationsmaterial Lichtblitze. Diese werden durch den Photomultiplier 9 erfaßt und in elektrische Impulse  $n$  umgesetzt.

[160] Jeder Detektor  $D_i$  umfaßt eine Elektronik 13, die die vom Photomultiplier 9 erzeugten elektrischen Impulse  $n$  aufnimmt und eine der aufgenommenen Strahlung entsprechende Impulsrate  $N$  erzeugt.

[161] Die Elektronik 13 umfaßt vorzugsweise einen Zähler 15 und einen daran angeschlossenen Mikrocontroller 17. Der Zähler 15 zählt die eingehenden elektrischen Impulse  $n$  und der Mikrocontroller 17 bestimmt anhand der gezählten Impulse  $n$  eine Impulsrate  $N$ .

[162] Gemäß einer ersten Ausführungsform weist jeder Detektor  $D_i$  zusätzlich einen Offset-Generator 19 auf, der einen einem Status des jeweiligen Detektors  $D_i$  entsprechenden Offset  $O_i$  erzeugt. Die Offset-Generatoren 19 sind vorzugsweise, wie in Fig. 2 dargestellt in dem Mikrocontroller 17 integriert. Als Offset-Generator 19 eignet sich z.B. ein Impulsgenerator, der elektrische Impulse  $k$  mit einer dem Offset  $O_i$  entsprechenden Frequenz erzeugt. Der Offset  $O_i$  wird der Impulsrate  $N_i$  des jeweiligen Detektors  $D_i$  überlagert. Fig. 3 zeigt schematisch eine solche Überlagerung. Dabei werden die vom Offset-Generator 19 erzeugten Impulse  $k$  den vom Photomultiplier 9 aufgenommenen elektrischen Impulsen  $n$  hinzugeaddiert. Ein der Überlagerung entsprechendes Ausgangssignal ist in Fig. 4 dargestellt. Dort sind die Impulse  $k$  des Offset-Generators 19 als Rechteckimpulse dargestellt. Die Impulse  $n$  des Photo-

multipliers 9 sind ebenfalls als Rechteckimpulse dargestellt. Zur Unterscheidung wurde für die Darstellung der Impulse  $n$  des Photomultipliers 9 eine gestrichelte Liniensorierung verwendet.

- [163] Das Ausgangssignal wird im Mikrocontroller 17 generiert und steht über eine Ausgangsstufe 20 des Mikrokontrolers 17 zur Verfügung.
- [164] Es ist eine Sammelleitung 21 vorgesehen, der jeder Detektor  $D_i$  sein der Überlagerung der jeweiligen Impulsrate  $N_i$  und des jeweiligen Offsets  $O_i$  entsprechendes Ausgangssignal zuführt.
- [165] Die Sammelleitung 21 führt von einem Detektor  $D_i$  zum nächsten diesem jeweils benachbarten Detektor  $D_{i+1}$ . Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit einer Serie von drei hintereinander geschalteten Detektoren  $D_1$ ,  $D_2$  und  $D_3$ . Die Sammelleitung 21 beginnt bei dem ersten Detektor  $D_1$  der Serie. Sie führt von jedem Detektor  $D_i$  zu dem diesen jeweils benachbarten Detektor  $D_{i+1}$  der Serie und endet beim letzten Detektor der Serie. In Fig. 5 ist dies der Detektor  $D_3$ . Vom letzten Detektor  $D_3$  führt sie zu einer übergeordneten Einheit 23.
- [166] In der Sammelleitung 21 überlagern sich die Ausgangssignale der einzelnen Detektoren  $D_i$  zu einem Summensignal  $S$ , daß der Summe der einzelnen Ausgangssignale entspricht.
- [167] Die übergeordnete Einheit 23 leitet anhand des Summensignals  $S$  ein Meßsignal  $M$  und/oder einen Status des Meßgeräts ab. Hierzu sind verschiedene Verfahren einsetzbar.
- [168] Ein erstes Verfahren wird nachfolgend anhand des in Fig. 5 dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Hierbei wird jedem Detektor  $D_i$  ein Sollwert  $O_{si}$  für den Offset  $O_i$  zugeordnet. Die Sollwerte  $O_{si}$  sind so zu wählen, daß sie größer als eine Summe der für die jeweiligen Detektoren  $D_i$  zu erwartende maximalen Impulsrate  $N_i^{max}$  sind.
- [169]  $O_{si} > \sum_i N_i^{max}$
- [170] Ist die zu erwartende maximale Impulsrate  $N_i^{max}$  jedes Detektors  $D_i$  beispielsweise kleiner als 20 Impulse  $n$  pro Zeitintervall, so sind die Sollwerte  $O_{si}$  bei dem in Fig. 5 dargestellten Ausführungsbeispiel größer als 60 Impulse  $k$  pro Zeitintervall zu wählen.
- [171] Im einfachsten Fall wird so verfahren, daß die Offset-Generatoren 19 der Detektoren  $D_i$  einen Offset  $O_i$  erzeugen der dem Sollwert  $O_{si}$  entspricht, wenn der jeweilige Detektor  $D_i$  einwandfrei arbeitet und keinen Offset, bzw. einen Offset von 0 Impulsen  $k$  pro Zeitintervall, erzeugen, wenn der Detektor  $D_i$  nicht einwandfrei arbeitet.

[172] Die übergeordnete Einheit 23 weist einen Zähler 25 und eine daran angeschlossene Auswerteeinheit 27 auf. Der Zähler 25 zählt die eingehenden Impulse  $n_i$ ,  $k_i$ . Es wird anhand des Summensignals eine Gesamtzählrate  $G$  bestimmt. Die Gesamtzählrate  $G$  ist gleich der Summe der einzelnen Impulsraten  $N_i$  der einzelnen Detektoren  $D_i$  und der einzelnen Offsets  $O_i$ .

[173] Folglich gilt:

$$G = \sum_i (N_i + O_i)$$

[175] In einem nächsten Schritt bildet die Auswerteeinheit 27 der übergeordnete Einheit 23 eine Differenz  $D$  von dieser Gesamtzählrate  $G$  und einer der Summe der Sollwerte  $O_{si}$  der Offsets  $O_i$  entsprechenden Zählrate. Hierzu ist an die Auswerteeinheit 27 ein Speicher 28 angebunden, in dem die Sollwerte  $O_{si}$  der Offsets  $O_i$  abgelegt sind

[176] Es gilt:

$$D = G - \sum_i O_{si}$$

[178] Wenn alle Detektoren einwandfrei arbeiten, ist diese Differenz positiv und gleich der Summe der Impulsraten  $N_i$  der einzelnen Detektoren  $D_i$ .

[179] Arbeitet mindestens ein Detektor  $D_i$  nicht einwandfrei ist die Differenz  $D$  negativ. Eine negative Differenz  $D$  bedeutet, daß ein Fehler vorliegt. Mindestens einer der Detektoren  $D_i$  arbeitet nicht einwandfrei.

[180] Die Auswerteeinheit 27 bestimmt, ob die Differenz  $D$  positiv oder negativ ist. Sie erkennt, daß ein Fehler vorliegt, wenn die Differenz  $D$  negativ ist.

[181] Zusätzlich kann, bei vorliegen einer negativen Differenz  $D$ , d.h. eines Fehlers, anhand des Betrages  $|\Delta D|$  der Differenz  $D$  bestimmt werden, welcher der Detektoren  $D_i$  fehlerhaft arbeitet. Dies erleichtert eine an die Fehlererkennung anschließende Fehlersuche sowie die Behebung des Fehlers.

[182] Hierzu werden beispielsweise bei dem anhand von Fig. 5 beschriebenen Ausführungsbeispiel alle Sollwerte  $O_{si}$  der Offsets  $O_i$  so gewählt, daß sie voneinander verschieden sind, und die Differenz jeweils zweier Sollwerte  $O_{si}$  jeweils größer als die Summe der für die jeweiligen Detektoren  $D_i$  zu erwartende maximalen Impulsrate  $N_i^{max}$  sind, d.h. es gilt:

$$O_{si} \neq O_{sj}, \text{ wenn } i \neq j;$$

$$|O_{si} - O_{sj}| > \sum_i N_i^{max}$$

$$O_{si} > \sum_i N_i^{max};$$

[186] Gilt, wie oben als Beispiel angegeben  $N_i^{max} < 20$  so kann beispielsweise der Sollwert  $O_{s1} = 100$ , der Sollwert  $O_{s2} = 200$  und der Sollwert  $O_{s3} = 300$  gewählt werden.

[187] Arbeitet ein einzelner Detektor  $D_i$  nicht einwandfrei so gilt für den Betrag  $|\Delta D|$  der

## Differenz D:

[188]  $|ID| = |\sum_i N_i - O_{si}|$  und somit

[189]  $O_{si} - \sum_i N_i^{\max} < |ID| < O_{si}$

[190] Arbeitet Detektor  $D_1$  nicht einwandfrei liegt der Betrag  $|ID|$  der Differenz D folglich zwischen 40 und 100. Arbeitet Detektor  $D_2$  nicht einwandfrei liegt der Betrag  $|ID|$  der Differenz D zwischen 140 und 200. Arbeitet Detektor  $D_3$  nicht einwandfrei liegt der Betrag  $|ID|$  der Differenz D zwischen 240 und 300.

[191] Anhand des Betrags  $|ID|$  der Differenz D läßt sich folglich eindeutig bestimmen, welcher Detektor  $D_i$  nicht einwandfrei arbeitet. Die Zuordnung des Betrag  $|ID|$  der Differenz D zu dem betroffenen Detektor  $D_i$  setzt allerdings voraus, daß nur ein einziger Detektor  $D_i$  nicht einwandfrei arbeitet.

[192] Möchte man auch bei zwei nicht einwandfrei arbeitenden Detektoren  $D_i$  und  $D_j$  ermitteln, welche Detektoren  $D_i$ ,  $D_j$  dies sind, so muß zusätzlich für die Sollwerte  $O_{si}$ ,  $O_{sj}$  der Offsets  $O_i$ ,  $O_j$  jedes möglicherweise betroffene Detektorpaars  $D_i$ ,  $D_j$  gelten:

[193]  $O_{si} + O_{sj} \notin |O_{sk} - \sum_i N_i^{\max}| ; O_{sk} + \sum_i N_i^{\max}|$

[194] Um bei dem angeführten Beispiel zu bleiben kann beispielsweise der Sollwert  $O_{si}$  für den ersten Detektor  $D_1$  gleich 100, der Sollwert  $O_{sj}$  für den zweiten Detektor  $D_2$  gleich 500 und der Sollwert  $O_{sk}$  für den dritten Detektor  $D_3$  gleich 1000 gesetzt werden.

[195] Arbeitet nur ein Detektor  $D_i$  nicht einwandfrei so gilt für den Betrag  $|ID|$  der Differenz D:

[196]  $|ID| = |\sum_i N_i - O_{si}|$  und somit

[197]  $O_{si} - \sum_i N_i^{\max} < |ID| < O_{si}$

[198] Arbeitet Detektor  $D_1$  nicht einwandfrei liegt der Betrag  $|ID|$  der Differenz D folglich zwischen 40 und 100. Arbeitet Detektoren  $D_2$  nicht einwandfrei liegt der Betrag  $|ID|$  der Differenz D zwischen 440 und 500. Arbeitet Detektor  $D_3$  nicht einwandfrei liegt der Betrag  $|ID|$  der Differenz D zwischen 940 und 1000.

[199] Arbeiten die Detektoren  $D_i$  und  $D_j$  nicht einwandfrei so gilt für den Betrag  $|ID|$  der Differenz D:

[200]  $|ID| = |\sum_i N_i - O_{sj} - O_{si}|$  und somit

[201]  $O_{si} + O_{sj} - \sum_i N_i^{\max} < |ID| < O_{sj} + O_{si}$

[202] Arbeiten die Detektoren  $D_1$  und  $D_2$  nicht einwandfrei liegt der Betrag  $|ID|$  der Differenz D folglich zwischen 540 und 600. Arbeiten die Detektoren  $D_1$  und  $D_3$  nicht einwandfrei liegt der Betrag  $|ID|$  der Differenz D zwischen 1040 und 1100. Arbeiten die Detektoren  $D_2$  und  $D_3$  nicht einwandfrei liegt der Betrag  $|ID|$  der Differenz D zwischen

1440 und 1500.

- [203] Arbeitet keiner der Detektoren  $D_1$ ,  $D_2$  und  $D_3$  einwandfrei liegt der Betrag  $|D|$  der Differenz  $D$  zwischen 1540 und 1600. Bei dem genannten Ausführungsbeispiel kann folglich anhand des Betrages  $|D|$  der Differenz  $D$  auch der letztgenannte Fall erkannt werden.
- [204] Werden mehr als drei Detektoren eingesetzt, ist das Verfahren entsprechend zu erweitern.
- [205] Die übergeordnete Einheit 23 erkennt anhand der Differenz  $D$  das Vorliegen eines Fehler und leitet daraus den Status des Meßgeräts ab. Im einfachsten Fall enthält der Status die Information, daß alle Detektoren  $D_i$  einwandfrei arbeiten oder mindestens einer dies nicht tut. Zusätzlich kann der Status bei Vorliegen eines Fehlers die Information enthalten, welcher bzw. welche Detektor/en  $D_i$  nicht einwandfrei arbeiten.
- [206] Bei Vorliegen eines Fehlers erzeugt die übergeordnete Einheit 23 ein den Status wiedergebendes Ausgangssignal, das beispielsweise einer Meßgerätelelektronik 29 oder einer Prozeßleitstelle zugeführt wird. Sie kann zusätzlich eine Fehlermeldung abgeben und/oder einen Alarm auslösen.
- [207] Liegt kein Fehler vor, so ist die Differenz  $D$  positiv. Die übergeordnete Einheit 23 erkennt dies und erzeugt anhand des Summensignals ein Meßsignal  $M$ . Im einfachsten Fall entspricht das Meßsignal  $M$  der Differenz  $D$ . Wenn alle Detektoren einwandfrei arbeiten, ist diese Differenz positiv und gleich der Summe der einzelnen Impulsraten  $N_i$  der einzelnen Detektoren  $D_i$
- [208] 
$$D = G - \sum_i O_i = \sum_i N_i$$
- [209] Anhand dieses Meßsignals wird die zu messende physikalische Größe, z.B. ein Füllstand oder eine Dichte des Füllguts 1 bestimmt. Dies kann auf herkömmliche Weise entweder mittels einer in der übergeordneten Einheit 23 integrierten Meßgerätelelektronik 29 oder in einer entfernt angeordneten Auswerteeinheit 31 geschehen.
- [210] Arbeiten alle Detektoren  $D_i$  einwandfrei kann die übergeordnete Einheit 23 ebenfalls ein den Status wiedergebendes Ausgangssignal abgeben. Hierdurch kann auch das fehlerfreie arbeiten der Detektoren  $D_i$ , beispielsweise der Meßgerätelelektronik 29, der Auswerteeinheit 31 oder einer anderen Stelle, z.B. einer Prozeßleitstelle, angezeigt werden.
- [211] Die übergeordnete Einheit 23 kann räumlich in dem jeweils letzten Detektor einer Serie angeordnet sein; sie kann aber auch separat angeordnet sein. Das gleiche gilt für die Meßgerätelelektronik 29.
- [212] Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß aufgrund der Überlagerung der Im-

pulsraten  $N_i$  und der Offsets  $O_i$  und deren Zusammenführung in der Sammelleitung 21 nur eine einzige Verbindungsleitung, nämlich die Sammelleitung 21 benötigt wird, um sowohl die eigentliche Meßinformation als auch die Statusinformation zu übertragen. Dies reduziert den erforderlichen Verdrahtungsaufwand erheblich. Insb. in sicherheitsrelevanten Bereichen, in denen radiometrische Meßgeräte üblicherweise eingesetzt werden, z.B. in Bereichen mit erhöhter Explosionsgefahr, bestehen hohe Sicherheitsanforderungen an Verbindungsleitungen, mit denen in der Regel erhöhte Anschaffungs- und Installationskosten verbunden sind. Diese Kosten werden durch die erfindungsgemäßen radiometrischen Meßgeräte deutlich reduziert. Die Sammelleitung 21 kann eine sehr einfache Verbindung, z.B. ein Lichtwellenleiter oder eine Kupferleitung sein. Ebenso ist es möglich die Sammelleitung 21 durch eine Funkverbindung zu ersetzen.

- [213] Die Übertragung kann auf sehr einfache Weise vorgenommen werden. Insb. wird kein Übertragungsprotokoll benötigt. Die Übertragung der Ausgangssignale der einzelnen Detektoren  $D_i$  kann vielmehr bei entsprechender Kalibration über jede Art von Impulsausgang zu einem entsprechenden Impulseingang der übergeordneten Einheit 23 erfolgen.
- [214] Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen radiometrischen Meßgeräts. Aufgrund der Übereinstimmung zu dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel werden nachfolgend lediglich die bestehenden Unterschiede näher erläutert.
- [215] Auch hier sind Detektoren  $D_i$  vorgesehen, die dazu dienen durch den Behälter 3 hindurchdringende Strahlung aufzunehmen und eine der aufgenommenen Strahlung entsprechende elektrische Impulsrate  $N_i$  zu erzeugen.
- [216] Jeder Detektor  $D_i$  umfaßt einen Offset-Generator 19, der der Impulsrate  $N_i$  des jeweiligen Detektors  $D_i$  einen detektor-spezifischen Offset  $O_{di}$  überlagert. Im Unterschied zu dem vorangehenden Ausführungsbeispiel sind die Offsets  $O_{di}$  detektor-spezifisch und unabhängig vom Status des jeweiligen Detektors  $D_i$ .
- [217] Jeder Detektor  $D_i$  weist einen Abschalter 33 auf, der dazu dient eine Übertragung der Impulsrate  $N_i$  und des Offsets  $O_{di}$  zu unterdrücken, wenn der Detektor  $D_i$  fehlerhaft arbeitet. Der Abschalter 33 ist beispielsweise ein einfacher Schalter, der die Verbindung des jeweiligen Detektors  $D_i$  zur Sammelleitung 21 unterbricht. Der Abschalter 33 kann aber auch in der Ausgangsstufe 20 des Mikrocontrollers 17 integriert sein.
- [218] Im Betrieb führt folglich nur jeder einwandfrei arbeitende Detektor  $D_i$  ein der

Überlagerung der jeweiligen Impulsrate  $N_i$  und des jeweiligen Offsets  $O_{di}$  entsprechendes Ausgangssignal der Sammelleitung 21 zu. Nicht einwandfrei arbeitende Detektoren  $D_i$  geben dagegen kein Ausgangssignal ab.

[219] Die Sammelleitung 21 führt, wie auch bei dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel, ein der Überlagerung der Ausgangssignale entsprechendes Summensignal der übergeordneten Einheit 23 zu. Diese leitet, wie bereits im Zusammenhang mit dem vorangegangenen Ausführungsbeispiel beschrieben, anhand des Summensignals ein Meßsignal und/oder einen Status des Meßgeräts ab.

[220] Bei entsprechender Wahl der detektor-spezifischen Offsets  $O_{di}$  kann hier, genau wie bei dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel, erkannt werden, welcher bzw. welche Detektor/en  $D_i$  nicht einwandfrei arbeiten. Zusätzlich kann eine Restzählrate  $R$ , die gleich der Summe der Zählraten  $N_i$  der einwandfrei arbeitenden Detektoren  $D_i$  ist, bestimmt werden.

[221] Sie ist gleich der Differenz aus der Gesamtzählrate  $G$  und der Summe der Offsets  $O_{di}$  der einwandfrei arbeitenden Detektoren  $D_i$ . Arbeitet beispielsweise der Detektor  $D_x$  nicht einwandfrei, so gilt:

$$R = G - \sum_{i,i \neq x} O_{di}$$

[223] Hieraus können gegebenenfalls hilfreiche Zusatzinformationen abgeleitet werden. Als Beispiel sei hier nur eine Füllstandsmessung mit zwei Detektoren genannt, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist. Fällt einer der Detektoren  $D_1$  oder  $D_2$  aus, so kann anhand der Zählrate  $N_i$  des verbleibenden Detektors bestimmt werden, ob sich Füllgut 1 in dem vom verbleibenden Detektor abgedeckten Bereich des Behälters 3 befindet. Diese rudimentäre Füllstandsinformation kann z.B. zur sicherheitsgerichteten Steuerung eines Befüllens oder Entleerens des Behälters 3 herangezogen werden. So kann z.B. ein Überfüllen oder Leerlaufen des Behälters 3 vermieden werden.

[224] Alternativ zu der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform, können die Detektoren  $D_i$  auch so aufgebaut sein, daß durch einen Abschalter 35, lediglich die Überlagerung des detektor-spezifischen Offsets  $O_{di}$  unterbunden wird, wenn der jeweilige Detektor  $D_i$  nicht einwandfrei arbeitet. Dies ist in Fig. 7 dargestellt. Arbeitet der Detektor  $D_i$  nicht einwandfrei, wird die Addition des Offset  $O_{di}$  durch den Abschalter 34 unterbunden. Dies ist in Fig. 7 durch eine Oder-Knüpfung von Offset-Generator 19 und Abschalter 34 dargestellt. Diese Kombination von Offset-Generator 19 und Abschalter 34 bildet im Ergebnis einen Offset-Generator, der einen status-abhängigen Offset abgibt. Mit dem Summensignal wird in diesem Fall genauso verfahren, wie bei dem anhand von Fig. 5 erläuterten Ausführungsbeispiel.

[225] In Fig. 8 ist ein Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem das Meßgerät zwei Detektoren, nämlich einen ersten Detektor  $D_1$  und einen zweiten  $D_2$  aufweist. Das Meßgerät ist an dem mit dem Füllgut 1 befüllbaren Behälter 3 montiert. Der radioaktive Strahler 5 sendet im Betrieb radioaktive Strahlung durch den Behälter 3. Der erste und der zweite Detektor  $D_1$  und  $D_2$ , dienen dazu durch den Behälter 3 hindurchdringende Strahlung aufzunehmen und eine der aufgenommenen Strahlung entsprechende elektrische Impulsrate  $N_1, N_2$  zu erzeugen.

[226] Der erste Detektor  $D_1$  weist einen Offset-Generator 19 auf, der der Impulsrate  $N_1$  des ersten Detektors  $D_1$  einen den Status des ersten Detektors  $D_1$  wiedergebenden Offset  $O_1$  überlagert. Dies geschieht beispielsweise genau wie bei dem in Fig. 5 beschriebenen Ausführungsbeispiel.

[227] Es ist auch hier eine übergeordnete Einheit 23 vorgesehen. Sie ist im zweiten Detektor  $D_2$  integriert. Der erste Detektor  $D_1$  ist über eine Verbindungsleitung 37 mit der übergeordneten Einheit 23 verbunden, über die der erste Detektor  $D_1$  ein der Überlagerung der Impulsrate  $N_1$  und des Offsets  $O_1$  entsprechendes Ausgangssignal zuführt. Die Verbindungsleitung 37 ist hierzu an einen ersten Eingang 39 der übergeordneten Einheit 23 angeschlossen.

[228] Zusätzlich werden der übergeordneten Einheit 23 die Impulsrate  $N_2$  und der Status des zweiten Detektors  $D_2$  zugeführt.

[229] Hierzu kann der zweite Detektor  $D_2$  genau wie der erste Detektor  $D_1$  mit einem Offset-Generator 19 ausgestattet sein, der der Impulsrate  $N_2$  einen den Status des zweiten Detektors  $D_2$  wiedergebenden Offset  $O_2$  überlagert. Ein der Überlagerung entsprechendes Ausgangssignal liegt dann an einem zweiten Eingang 41 der übergeordneten Einheit 23 an.

[230] Alternativ kann die übergeordnete Einheit 23 die Statusinformation unmittelbar über einen dritten Eingang 43 erhalten. Der zweite Detektor  $D_2$  braucht bei dieser Ausführungsvariante dann keinen Offset-Generator 19 aufzuweisen. In Fig. 8 ist sowohl der Offset-Generator 19 des zweiten Detektors  $D_2$  als auch der alternativ vorzusehende dritte Eingang 43 dargestellt.

[231] Die übergeordnete Einheit leitet anhand der eingehenden Signale ein Meßsignal und/oder einen Status des Meßgeräts ab.

[232] Dies geschieht analog zu den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen, indem den Offsets  $O_1$  und gegebenenfalls  $O_2$  ein Sollwert  $O_{s1}, O_{s2}$  zugewiesen wird, den der jeweilige Offset  $O_1, O_2$  annimmt, wenn der zugehörige Detektor  $D_1, D_2$  einwandfrei arbeitet. Arbeitet der Detektor  $D_1, D_2$  nicht einwandfrei, so wird beispielsweise kein

Offset überlagert.

- [233] Da die übergeordnete Einheit 23 in dem zweiten Detektor  $D_2$  integriert ist, können die Informationen der Detektoren  $D_1$  und  $D_2$  über die Eingänge 37, 39 und gegebenenfalls 41 getrennt verarbeitet werden, ohne daß zusätzlich zu der Verbindungsleitung 37 weitere außerhalb der Detektoren verlaufende Leitungen erforderlich sind.
- [234] Dies bietet den Vorteil, daß die Sollwerte  $O_{s1}$  und gegebenenfalls  $O_{s2}$  lediglich größer sein müssen als die maximal für den jeweiligen Detektor  $D_1$ ,  $D_2$  zu erwartende Impulsrate  $N_i^{max}$ , aber durchaus kleiner als die Summe der maximal zu erwartende Impulsrate  $N_1^{max} + N_2^{max}$  sein können. Dies verbessert die Meßgenauigkeit.
- [235] Anhand des Ausgangssignals des ersten Detektors  $D_1$  bestimmt die übergeordnete Einheit 23 eine Zählrate  $Z_1$ , die gleich der Summe der Impulsrate  $N_1$  und des Offsetes  $O_1$  ist. Anschließend wird die Differenz dieser Zählrate  $Z_1$  und des Sollwerts  $O_{s1}$  für den Offset  $O_1$  des ersten Detektors  $D_1$  gebildet. Ist die Differenz positiv, so arbeitet Detektor  $D_1$  einwandfrei und der Betrag der Differenz ist gleich der Impulsrate  $N_1$  des ersten Detektors  $D_1$ . Ist die Differenz negativ, so erkennt die übergeordnete Einheit 23, daß der Detektor  $D_1$  nicht einwandfrei arbeitet.
- [236] Bei der Ausführungsvariante, bei der der zweite Detektor  $D_2$  ebenfalls mit einem Offset-Generator 19 ausgestattet ist wird hinsichtlich des zweiten Detektors  $D_2$  analog vorgegangen, d.h. die übergeordnete Einheit 23 bestimmt anhand des Ausgangssignals der zweiten Detektors  $D_2$  eine Zählrate  $Z_2$ , die gleich der Summe der Impulsrate  $N_2$  und des Offsetes  $O_2$  ist. Anschließend wird die Differenz dieser Zählrate  $Z_2$  und des Sollwerts  $O_{s2}$  für den Offset  $O_2$  des zweiten Detektors  $D_2$  gebildet. Ist die Differenz positiv, so arbeitet Detektor  $D_2$  einwandfrei und der Betrag der Differenz ist gleich der Impulsrate  $N_2$  des zweiten Detektors  $D_2$ . Ist die Differenz negativ, so erkennt die übergeordnete Einheit 23, daß der Detektor  $D_2$  nicht einwandfrei arbeitet.
- [237] Bei der alternativen Ausführungsvariante, bei der die Statusinformation separat übertragen wird, erkennt die übergeordnete Einheit 23 anhand des am dritten Eingang 43 anliegenden Signals unmittelbar, ob der zweite Detektor  $D_2$  einwandfrei arbeitet. Weiter bestimmt sie anhand des am zweiten Eingang 41 eingehenden Ausgangssignals des zweiten Detektors  $D_2$  eine Zählrate  $Z_2$ , die gleich der Impulsrate  $N_2$  des zweiten Detektors  $D_2$  ist.
- [238] Bei beiden Varianten liegt in der übergeordneten Einheit 23 folglich der Status des ersten und des zweiten Detektors  $D_1$  und  $D_2$  vor.
- [239] Arbeiten beide Detektoren  $D_1$ ,  $D_2$  einwandfrei, liegen in der übergeordneten Einheit

23 die Impulsraten  $N_1$  und  $N_2$  vor. Hieraus wird durch eine einfache Addition der Impulsraten  $N_1$  und  $N_2$  ein Meßsignal abgeleitet, daß der von beiden Detektoren  $D_1$  und  $D_2$  aufgenommenen Strahlung entspricht. Zusätzlich steht über die einzelnen Impulsraten  $N_1$ ,  $N_2$  die Meßinformation jedes einzelnen Detektors  $D_1$ ,  $D_2$  zur Verfügung. Arbeitet nur einer der Detektoren  $D_1$  oder  $D_2$  einwandfrei, kann diese Zusatzinformation, wie bereits weiter oben beschrieben, separat genutzt werden.

[240] Fig. 9 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Meßgeräts. Der Aufbau entspricht weitestgehend dem in Fig. 8 dargestellten Ausführungsbeispiel. Deshalb werden nachfolgend lediglich die bestehenden Unterschiede näher erläutert.

[241] Bei dem in Fig. 9 dargestellten Ausführungsbeispiel weist der Strahler 5 eine Stärke auf, bei der für jeden Detektor  $D_1$ ,  $D_2$  immer eine Mindestimpulsrate  $N_i^{\min}$  größer Null zu erwarten ist.

[242] Der erste Detektor  $D_1$  ist über die Verbindungsleitung 37 an den ersten Eingang 37 angeschlossen, der zweite Detektor  $D_2$  ist unmittelbar an den zweiten Eingang 41 der im zweiten Detektor  $D_2$  integrierten übergeordneten Einheit 23 angeschlossen. Im Unterschied zu dem in Fig. 8 dargestellten Ausführungsbeispiel sind keine Offset-Generatoren 19 und kein dritter Eingang 43 vorgesehen.

[243] Stattdessen ist in jedem Detektor  $D_1$ ,  $D_2$  ein Abschalter 45 vorgesehen, der die Übertragung eines der Impulsrate  $N_1$  bzw.  $N_2$  des jeweiligen Detektors  $D_1$ ,  $D_2$  entsprechenden Ausgangssignal an die übergeordnete Einheit unterbindet, wenn der Detektor  $D_1$ ,  $D_2$  fehlerhaft arbeitet.

[244] Die der übergeordneten Einheit 23 zugeführten Signale der Detektoren  $D_1$  und  $D_2$  entsprechen somit der Impulsrate  $N_1$ ,  $N_2$  der Detektoren  $D_1$ ,  $D_2$ , wenn die jeweiligen Detektoren  $D_1$ ,  $D_2$  einwandfrei arbeiten.

[245] Die übergeordnete Einheit 23 weist vorzugsweise einen ersten Zähler auf, der die am ersten Eingang 39 eingehenden Impulse  $n_1$  zählt und einen zweiten Zähler, der die am zweiten Eingang 41 eingehenden Impulse  $n_2$  zählt, und bestimmt die Zählraten  $Z_1$ ,  $Z_2$  der eingehenden Impulse  $n_1$ ,  $n_2$ . Beträgt eine Zählrate  $Z_1$ ,  $Z_2$  Null Impulse pro Zeitintervall, so erkennt die übergeordnete Einheit 23, daß der zugehörige Detektor  $D_1$ ,  $D_2$  nicht einwandfrei arbeitet. Hieraus wird der Status des Meßgeräts abgeleitet und eine entsprechende Statusinformation zur Verfügung gestellt. Die Statusinformation enthält die Aussage, daß beide Detektoren  $D_1$  und  $D_2$  einwandfrei arbeiten, wenn beide Zählraten  $Z_1$  und  $Z_2$  von Null verschieden sind. Für den Fall, daß eine oder beide Zählraten  $Z_1$ ,  $Z_2$  gleich Null sind, enthält sie die Aussage, daß das Meßgerät nicht einwandfrei arbeitet. Zusätzlich kann die Statusinformation Angaben dazu enthalten,

welcher bzw. welche Detektor/en  $D_1, D_2$  nicht einwandfrei arbeiten.

[246] Die Statusinformation wird über einen Ausgang 47 der übergeordneten Einheit 23, der vorzugsweise gleichzeitig der einzige Ausgang des zweiten Detektors  $D_2$  und damit des Meßgeräts ist, bereitgestellt. Anhand der Statusinformation kann beispielsweise ein Alarm ausgelöst werden.

[247] Sind beide Zählraten  $Z_1$  und  $Z_2$  von Null verschieden, arbeiten beide Detektoren  $D_1$  und  $D_2$  einwandfrei und die übergeordnete Einheit 23 leitet ein Meßsignal ab. Dies basiert auf der Summe der Zählraten  $Z_1 + Z_2$ , die in diesem Fall gleich der Summe der Impulsraten  $N_1 + N_2$  der Detektoren  $D_1$  und  $D_2$  ist. Das Meßsignal kann dabei ein Signal sein, daß die Summe der Impulsraten  $N_1 + N_2$  wiedergibt. Das Meßsignal wird dann beispielsweise einer Meßgerätelektronik 29 oder einer separaten Auswerteeinheit 31 zugeführt, die anhand des Meßsignals die mit dem Meßgerät zu messende Größe, z.B. einen Füllstand oder eine Dichte, bestimmt. Die Meßgerätelektronik 29 ist beispielsweise ebenfalls im zweiten Detektor  $D_2$  angeordnet.

[248] Alternativ kann eine Auswertung und/oder Verarbeitung der Impulsraten  $N_1 + N_2$ , auch in der übergeordneten Einheit 23 vorgenommen werden.

[249] Status und/oder Meßsignal stehen über den Ausgang 47 zur Verfügung.

[250] Bei allen erfindungsgemäßen Meßgeräten genügt eine einzige Sammelleitung bzw. eine einzige Verbindungsleitung um sowohl den Status als auch die eigentliche Meßinformation zu übertragen.

[251] Jeder Detektor  $D_i$  kann natürlich nur dann seinen Status an die übergeordnete Einheit 23 übermitteln, wenn der Status zuvor bestimmt worden ist. In der Meßtechnik sind eine Reihe von Verfahren zur Kontrolle und/oder Überwachung der einwandfreien Arbeitsweise von Detektoren bekannt.

[252] Ein Beispiel hierzu ist die Kontrolle und/oder Überwachung der Energieversorgung der Detektoren oder einzelner Detektorbestandteile.

[253] Weiter ist es bei den beschriebenen Detektoren  $D_i$  möglich, die optische Kopplung zwischen dem Szintillator 7 und dem Photomultiplier 11 zu kontrollieren.

[254] Hierzu werden z.B. über einen Lichtleiter 49 kontinuierlich Referenzlichtblitze durch den Szintillator 7 gesendet. Unabhängig davon ob der Szintillator 7 Gammastrahlung ausgesetzt ist oder nicht, müssen aufgrund der Referenzlichtblitze Referenzimpulse am Ausgang des Photomultipliers 11 vorliegen. Ist dies nicht der Fall, arbeitet der jeweilige Detektor  $D_i$  nicht einwandfrei.

[255] Bei den erfindungsgemäßen Meßgeräten, bei denen die Detektoren  $D_i$  Offset-Generatoren 19 aufweisen, die der Impulsrate  $N_i$  einen vom Status des jeweiligen

Detektors  $D_i$  abhängigen Offset  $O_i$  überlagern, erfolgt die Statusbestimmung vorzugsweise auf die in Fig. 10 dargestellte Weise, indem die Offset-Generatoren 19 der Detektoren  $D_i$  über Lichtleiter 49 an den Szintillator 7 angeschlossen sind. Die Offset-Generatoren 19 erzeugen im Betrieb periodisch Referenzlichtblitze 1 und senden diese durch den Szintillator 7.

[256] Vorzugsweise ist die Frequenz  $f_i$ , mit der die Referenzlichtblitze ausgesendet werden, gleich dem eingangs beschriebenen Sollwert  $O_{si}$  für den Offset  $O_i$  des jeweiligen Detektors  $D_i$ . Arbeitet der Detektor  $D_i$  einwandfrei steht am Ausgang ein Signal, daß der Summe der Impulsrate  $N_i$  und des Sollwerts  $O_{si}$  entspricht. Liegt eine Störung vor, werden deutlich weniger Impulse detektiert. Unterschreitet die Impulsrate der detektierten Impulse den Sollwerts  $O_{si}$ , führt dies zu einer negativen Differenz  $D$ .

[257] Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß bei allen erfindungsgemäßen radiometrischen Meßgeräten nur eine einzige Verbindung, nämlich die Sammelleitung 21 bzw. die Verbindungsleitung 37 benötigt wird, um sowohl die eigentliche Meßinformation als auch die Statusinformation zu übertragen. Dies reduziert den erforderlichen Verdrahtungsaufwand erheblich. Insb. in sicherheitsrelevanten Bereichen, in denen radiometrische Meßgeräte üblicherweise eingesetzt werden, z.B. in Bereichen mit erhöhter Explosionsgefahr, bestehen hohe Sicherheitsanforderungen an Verbindungsleitungen, mit denen in der Regel erhöhte Anschaffungs- und Installationskosten verbunden sind. Diese Kosten werden durch die erfindungsgemäßen radiometrischen Meßgeräte deutlich reduziert. Dies kann eine sehr einfache Verbindung, z.B. ein Lichtwellenleiter oder eine Kupferleitung sein. Ebenso ist es möglich die Verbindung als Funkverbindung auszustalten.

[258] Die Übertragung kann auf sehr einfache Weise vorgenommen werden. Insb. wird kein Übertragungsprotokoll benötigt. Die Übertragung der Ausgangssignale der einzelnen Detektoren  $D_i$  kann vielmehr bei entsprechender Kalibration über jede Art von Impulsausgang zu einem entsprechenden Impulseingang der übergeordneten Einheit 23 erfolgen.

## Ansprüche

[001] 1. Radiometrisches Meßgerät zur Montage an einem mit einem Füllgut (1) befüllbaren Behälter (3), mit- einem radioaktiven Strahler (5), der im Betrieb radioaktive Strahlung durch den Behälter (3) sendet, - mindestens zwei Detektoren ( $D_i$ ), -- die dazu dienen durch den Behälter (3) hindurchdringende Strahlung aufzunehmen und eine der aufgenommenen Strahlung entsprechende elektrische Impulsrate ( $N_i$ ) zu erzeugen, - Offset-Generatoren (19), die der Impulsrate ( $N_i$ ) jedes Detektors ( $D_i$ ) einen Status des jeweiligen Detektors ( $D_i$ ) wiedergebenden Offset ( $O_{di}$ ) überlagern, - einer Sammelleitung (21), -- der jeder Detektor ( $D_i$ ) ein der Überlagerung der jeweiligen Impulsrate ( $N_i$ ) und des jeweiligen Offsets ( $O_{di}$ ) entsprechendes Ausgangssignal zuführt, -- die ein der Überlagerung der Ausgangssignale entsprechendes Summensignal einer übergeordneten Einheit (23) zuführt,- die anhand des Summensignals ein Meßsignal und/oder einen Status des Meßgeräts ableitet.

[002] Radiometrisches Meßgerät zur Montage an einem mit einem Füllgut (1) befüllbaren Behälter (3), mit einem radioaktiven Strahler (5), der im Betrieb radioaktive Strahlung durch den Behälter (3) sendet, mindestens zwei Detektoren ( $D_i$ ), - die dazu dienen durch den Behälter (3) hindurchdringende Strahlung aufzunehmen und eine der aufgenommenen Strahlung entsprechende elektrische Impulsrate ( $N_i$ ) zu erzeugen, - Offset-Generatoren (19), die der Impulsrate ( $N_i$ ) jedes Detektors ( $D_i$ ) einen detektor-spezifischen Offset ( $O_{di}$ ) überlagern, - Abschaltern (33), die dazu dienen eine Übertragung der Impulsraten ( $N_i$ ) und der Offsets ( $O_{di}$ ) zu unterdrücken, wenn der Detektor ( $D_i$ ) fehlerhaft arbeitet, einer Sammelleitung (21), - der jeder einwandfrei arbeitende Detektor ( $D_i$ ) ein der Überlagerung der jeweiligen Impulsrate ( $N_i$ ) und des jeweiligen Offsets ( $O_{di}$ ) entsprechendes Ausgangssignal zuführt, - die ein der Überlagerung der Ausgangssignale entsprechendes Summensignal einer übergeordneten Einheit (23) zuführt,- die anhand des Summensignals ein Meßsignal und/oder einen Status des Meßgeräts ableitet.

[003] Radiometrisches Meßgerät nach Anspruch 1 oder 2, bei dem - eine Serie von Detektoren ( $D_i$ ) vorgesehen ist, - die Sammelleitung (21) bei einem ersten Detektor der Serie beginnt, - von dort von einem Detektor ( $D_i$ ) zu dem diesem jeweils benachbarten Detektor ( $D_{i+1}$ ) und von dem letzten Detektor zur übergeordneten Einheit (23) führt.

- [004] Radiometrisches Meßgerät nach Anspruch 1 oder 2, bei dem jeder Detektor ( $D_i$ ) einen Szintillator (7) und einen daran angeschlossenen Photomultiplier (9) umfaßt.
- [005] Radiometrisches Meßgerät nach Anspruch 4, bei dem die Offset-Generatoren (19) über einen Lichtleiter (49) periodisch Referenzlichtblitze durch den Szintillator (7) senden.
- [006] Radiometrisches Meßgerät nach Anspruch 3, bei dem die übergeordnete Einheit (23) in dem letzten Detektor der Serie integriert ist.
- [007] Verfahren zur Messung einer physikalischen Größe mit einem radiometrischen Meßgerät gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem - jedem Detektor ein Sollwert ( $O_{si}$ ,  $O_{di}$ ) für einen Offset zugeordnet wird, den die Offset-Generatoren (19) der Detektoren ( $D_i$ ) erzeugen, wenn der Detektor ( $D_i$ ) einwandfrei arbeitet, und der größer als die Summe der für die Detektor ( $D_i$ ) maximal zu erwartenden Impulsraten ( $N_i^{max}$ ) ist, - die übergeordnete Einheit (23) anhand des Summensignals eine Gesamtzählrate (G) bestimmt, - die Differenz (D) von dieser Gesamtzählrate (G) und einer der Summe der Sollwerte ( $O_{si}$ ,  $O_{di}$ ) der Offsets entsprechenden Zählrate bildet, - erkennt, daß ein Fehler vorliegt, wenn die Differenz (D) negativ ist, und - bei positiver Differenz (D) ein Meßsignal ableitet.
- [008] Verfahren zur Messung einer physikalischen Größe nach Anspruch 7, bei dem bei Vorliegen einer negativen Differenz (D) anhand eines mathematischen Verfahrens (z.B. Differenz) bestimmt wird, welcher der Detektoren ( $D_i$ ) fehlerhaft arbeitet.
- [009] Radiometrisches Meßgerät zur Montage an einem mit einem Füllgut (1) befüllbaren Behälter (3), mit - einem radioaktiven Strahler (5), der im Betrieb radioaktive Strahlung durch den Behälter (3) sendet, - einem ersten und einem zweiten Detektor ( $D_1$ ,  $D_2$ ), -- die dazu dienen durch den Behälter (3) hindurchdringende Strahlung aufzunehmen und eine der aufgenommenen Strahlung entsprechende elektrische Impulsrate ( $N_1$ ,  $N_2$ ) zu erzeugen, - einem Offset-Generator (19), der der Impulsrate ( $N_1$ ) des ersten Detektors ( $D_1$ ) einen Status des ersten Detektors ( $D_1$ ) wiedergebenden Offset ( $O_1$ ) überlagert, und- einer im zweiten Detektor ( $D_2$ ) integrierten übergeordneten Einheit (23), - mit der der erste Detektor ( $D_1$ ) über eine Verbindungsleitung (37) verbunden ist, -- über die der erste Detektor ( $D_1$ ) ein der Überlagerung der Impulsrate ( $N_1$ ) und des Offsets ( $O_1$ ) entsprechendes Ausgangssignal zuführt, - der die Impulsrate ( $N_2$ ) und ein

Status des zweiten Detektors ( $D_2$ ) zugeführt wird, und - die anhand der eingehenden Signale ein Meßsignal und/oder einen Status des Meßgeräts ableitet.

[010] Radiometrisches Meßgerät zur Montage an einem mit einem Füllgut (1) befüllbaren Behälter (3), mit - einem radioaktiven Strahler (5), der im Betrieb radioaktive Strahlung durch den Behälter (3) sendet, - einem ersten und einem zweiten Detektor ( $D_1$ ,  $D_2$ ), - die dazu dienen durch den Behälter (3) hindurchdringende Strahlung aufzunehmen und eine der aufgenommenen Strahlung entsprechende elektrische Impulsrate ( $N_1$ ,  $N_2$ ) zu erzeugen und ein der Impulsrate ( $N_1$ ,  $N_2$ ) entsprechendes Ausgangssignal an eine übergeordnete Einheit (23) zu übertragen, - bei dem der Strahler (5) eine Stärke aufweist, bei der für jeden Detektor ( $D_1$ ,  $D_2$ ) immer eine Mindestimpulsrate ( $N_i^{\min}$ ) größer Null zu erwarten ist, - bei dem in jedem Detektor ( $D_1$ ,  $D_2$ ) ein Abschalter (45) vorgesehen ist, der die Übertragung des Ausgangssignals an die übergeordnete Einheit (23) unterbindet, wenn der Detektor ( $D_i$ ) fehlerhaft arbeitet, und - bei dem die übergeordnete Einheit (23) anhand der Ausgangssignale ein Meßsignal und/oder einen Status des Meßgeräts ableitet.

[Fig. 001]

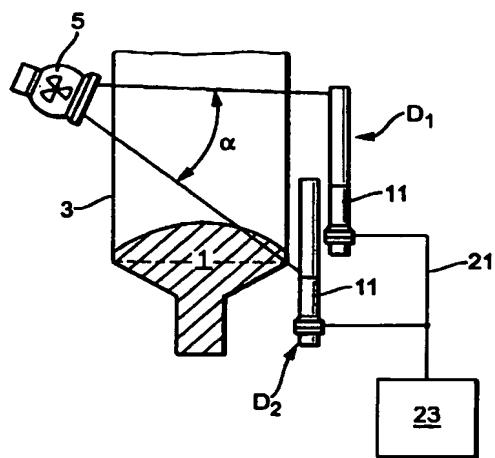


Fig. 1

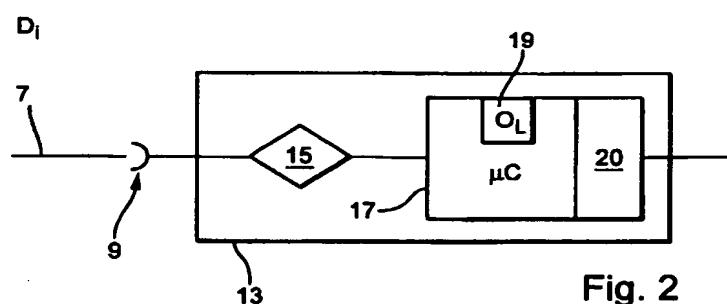


Fig. 2

[Fig. 002]

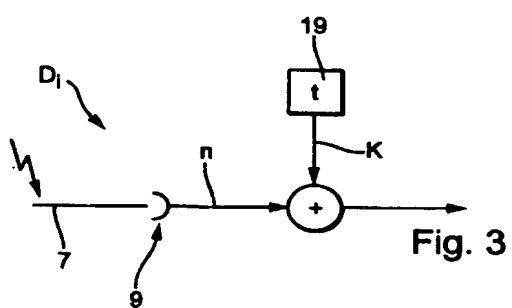


Fig. 3

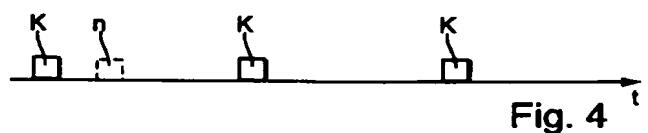


Fig. 4

[Fig. 003]

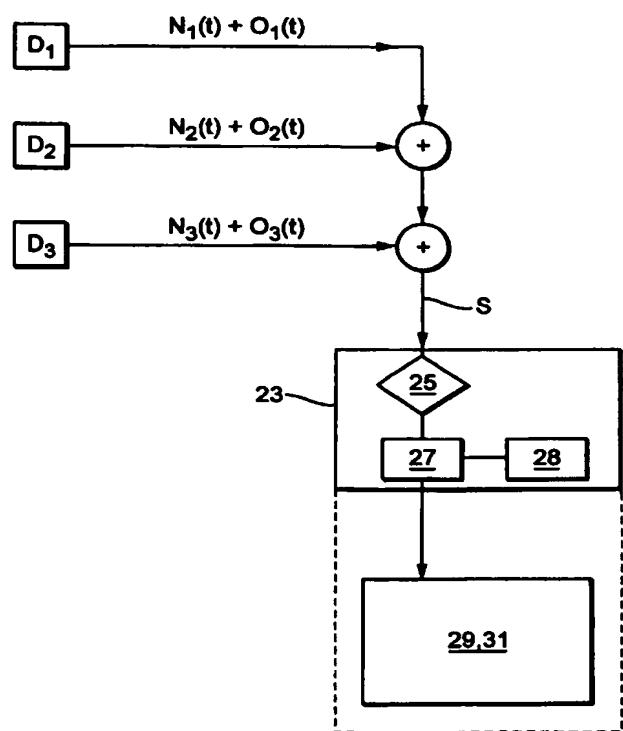


Fig. 5

[Fig. 004]

ERROR: timeout  
 OFFENDING COMMAND: timeout

STACK:

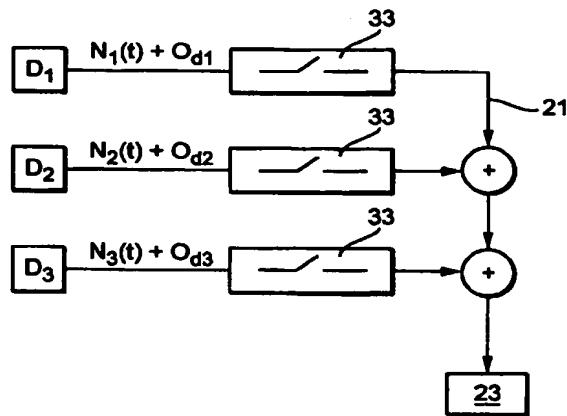


Fig. 6

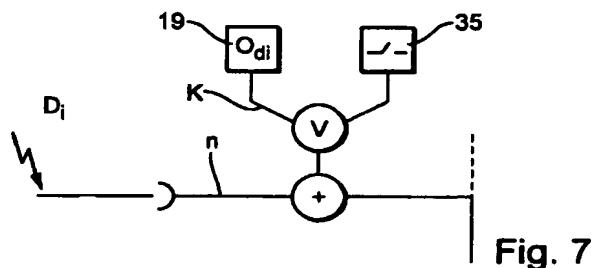


Fig. 7

[Fig. 005]

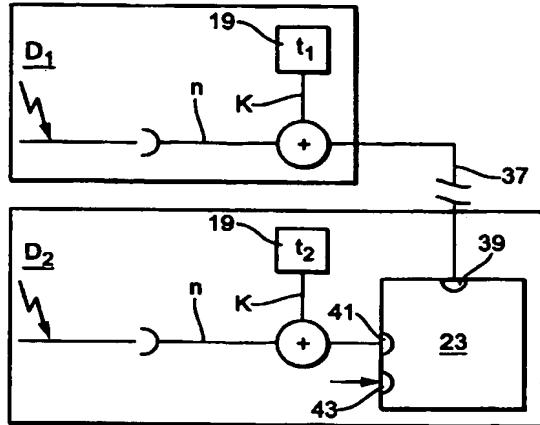


Fig. 8

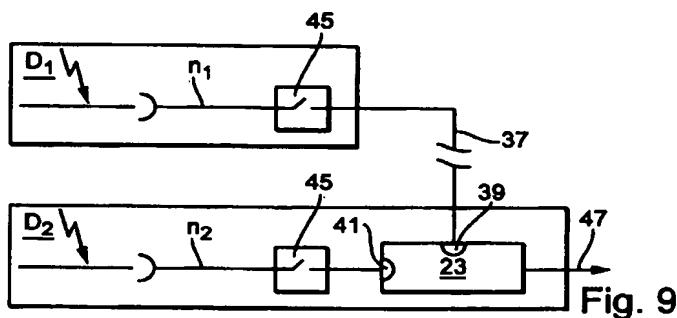


Fig. 9

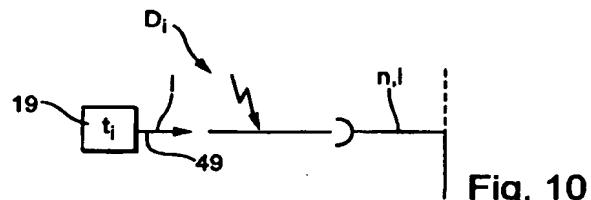


Fig. 10